

DISAIN JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK PREDIKSI KUALITAS GULA KRISTAL PUTIH (*Artificial Neural Network for Sugar Quality Prediction*)

Evanila Silvia¹⁾, Marimin²⁾, Machfud²⁾, Muhammad Zein Nasution²⁾

¹ Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu

² Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

ABSTRACT

In this research, an Artificial Neural Network (ANN) based expert system for sugar's quality prediction was developed by a learning's methods, backpropagation (BP). This system was designed and developed using the software of Matlab 7.0.1 in a menu of simple interface called "SQP". The constructing of the data's input for ANN based on the fundamental parameters of sugar's processing by using some expert's advices and QFD's method, consisting of the product's attribute quality and the relevant process characteristics, so this system be able to assess of sugar's quality with more effective and efficient. Based on the test of "trial and error" of ANN's training process, the best network performance for BP learning's method obtained. The best network performance for BP was showed by the MSE score was 0.0098684 at the second epoch and the regression's coefficient was 1.0, this system used linear's activation function (purelin), Levenberg-Marquadt's algorithm training (trainlm), the momentum score was 0.05 and the minimum error was 0.01 with the network architecture of [35 20 1], that is, 35 neurons in an input layer, 20 neurons in a hidden layer dan 1 neuron in an output layer. The implementation of this system was carried out using actual data obtained from PT.PG.Subang in a number of production periods in 2005. The result of SQP assessment showed that most of the sugar in the PT.PG.Subang production are in the first quality although in some observation's period there are some sugar in the second quality.

Keywords : sugar's prediction quality, artificial neural network, backpropagation, fundamental parameters of sugar's processing

PENDAHULUAN

Setiap perusahaan termasuk industri gula dituntut untuk selalu menjaga dan meningkatkan kualitas produknya agar dapat meningkatkan persaingan. Kualitas suatu produk merupakan salah satu faktor penunjang keberhasilan perusahaan karena dapat membantu perusahaan meningkatkan keuntungan dengan cara, yaitu : (1) meningkatkan penjualan atau (2) mengurangi biaya produksi karena proses produksi sesuai standar sehingga produk yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan (Gasperz, 1997)

Rendahnya kualitas gula nasional salah satunya disebabkan pengawasan dan pengujian kualitas di pabrik gula belum efektif dan efisien. Begitu banyaknya jumlah parameter yang diamati dalam analisa kualitas gula disebabkan karena pengamatan dan pengujian dilakukan pada setiap tahapan proses produksi. Akan tetapi pabrik gula masih tetap tidak dapat dengan cepat menentukan tingkat kualitas gula yang dihasilkan karena pabrik gula harus mengirimkan sampel produk ke Laboratorium Pengujian Mutu Gula dan Bahan Pembantu Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (LPMGBP-P3GI) di Pasuruan – Jawa Timur, sehingga tindakan perbaikan tidak dapat segera dilakukan. Untuk itu perlu dikembangkan suatu sistem prediksi kualitas gula kristal putih (GKP) berdasarkan pengamatan hanya pada beberapa proses inti agar dapat menjamin produk selalu prima dan tindakan perbaikan proses dapat dilakukan segera.

Pengembangan sistem dibangun dengan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yang menggunakan software MATLAB 7.0.1 yang link dengan Microsoft Excel dan dibentuk menjadi sebuah interface yang mudah dipahami yang disebut **Sugar Quality Prediction (SQP)**. Menurut Marimin (2002), Setiawan (2003) dan Setiawan (2003) JST merupakan suatu sistem pemrosesan atau pengolah informasi dengan kemampuan belajar, mengingat dan menyelesaikan masalah berdasarkan proses belajar yang diberikan dan mengambil keputusan seperti yang dilakukan oleh otak manusia (pakar atau ahli). Metode pembelajaran JST yang digunakan adalah *Backpropagation* (BP), karena metode ini dapat diaplikasikan untuk penentuan klasifikasi (Siang, 2005). Aplikasi JST untuk penentuan kualitas dan klasifikasi, seperti pada Visen, *et al.* (2004) mengaplikasikan BP dan jaringan syaraf spesialis *probabilistik* dalam klasifikasi biji gandum, Sayeed *et al.* (1995) mengaplikasikan BP dalam memprediksi kualitas snack, Kaydir dan Guyer (2002) mengaplikasikan BP dan *spectral imaging* untuk mensortir buah apel.

Penelitian bertujuan untuk menentukan variabel data input JST, mendisain JST dengan kinerja terbaik untuk memprediksi kualitas GKP dan mengetahui hasil prediksi sistem sehingga segera dapat memberikan rekomendasi perbaikan proses.

METODOLOGI PENELITIAN

Kerangka Pemikiran

Fokus penelitian adalah pada gula kristal putih SHS (*Superieure Hoofd Suiker*) dengan klasifikasi kualitas gula mengacu pada SNI Gula Kristal Putih (GKP) 01-3140.3-2001. Berdasarkan SNI tersebut GKP terbagi atas 3 kelas yaitu GKP I, GKP II dan GKP III dan atribut-atribut yang menentukan kualitas gula adalah : (1) warna; (2) berat jenis butir/BJB; (3) susut pengeringan; (4) polarisasi; (5) gula pereduksi; (6) abu konduktiviti; (7) kandungan bahan asing tidak larut/kotoran; (8) bahan tambahan makanan/SO₂ dan (9) kandungan cemaran logam.

Pengembangan sistem prediksi kualitas gula kristal putih dengan menggunakan JST memerlukan pemilihan dan penentuan data atribut kualitas gula kristal putih dan kaitannya dengan karakteristik proses produksi. Atribut kualitas dan kaitannya dengan karakteristik proses tersebut didasarkan pada pendapat pakar yang memberikan penilaian dengan teknik perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*). Hasil analisis pendapat pakar dijadikan input untuk analisis metode QFD (Cohen, 1995 dan Gaspersz, 2001) agar memperoleh tingkat kepentingan antar atribut kualitas dan hubungan keterkaitannya dengan karakteristik proses produksi yang signifikan mempengaruhi kualitas gula. QFD merupakan salah satu alat untuk mengetahui keinginan konsumen dan menterjemahkannya ke dalam aktivitas proses yang harus diprioritaskan penanganannya oleh perusahaan (Day, 1993 dan Breyfogle, 1999).

Setelah data input JST yang terdiri dari data pelatihan dan pengujian diset maka dilanjutkan dengan mendisain JST untuk memprediksi kualitas gula kristal putih. Kemudian sistem diimplementasikan pada data aktual.

Rancang bangun JST menggunakan metoda pembelajaran BP, kemudian dilakukan inisialisasi parameter yang gunanya untuk merancang dan mencari arsitektur jaringan terbaik. Berdasarkan arsitektur jaringan terbaik tersebut dilakukan proses pelatihan dengan menggunakan data pelatihan yang tersedia, jika disain JST menunjukkan akurasi yang tinggi atau toleransi error sesuai yang diinginkan maka dilakukan proses pengujian untuk menguji apakah sistem mampu melakukan prediksi kualitas dengan baik. Disain JST ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* MATLAB 7.0.1 dan Excel Link. Diagram alir deskriptif dari Disain JST dapat dilihat pada Lampiran 1.

Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan adalah data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara dengan pakar (ahli) dan observasi langsung. Pakar yang dipilih adalah pakar yang berkaitan dalam industri atau mengetahui proses produksi GKP dengan baik, mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas dan memahami standarisasi kualitas GKP. Pakar yang dipilih berjumlah 5 orang yang terdiri dari pakar praktisi (4 orang) dan pakar akademisi (1 orang). Pakar praktisi diwakili oleh praktisi dari PT. PG. Subang, yang terdiri dari : 1) Wakil Kepala Bagian Pabrikasi; 2) Kepala Bagian *Quality Control*; 3) Chemiker Pabrikasi; 4) Kepala Bagian Manajemen dan Administrasi. Sedangkan pakar akademisi diwakili oleh pakar gula dari Staf Pengajar Institut Pertanian Bogor dan LPPOM.

Data sekunder diperoleh dari studi dokumentasi dan literatur, misalnya melalui buku, artikel, majalah, surat kabar, internet dan jurnal.

Metode Pengolahan dan Analisis Data

Analisis tingkat kepentingan antar atribut kualitas GKP berdasarkan *pairwise comparison* pendapat pakar diolah dengan *Expert Choice* 2000. Analisis karakteristik proses dan hubungan keterkaitan antar proses, penentuan hubungan antar atribut kualitas produk dengan karakteristik proses diolah dengan metode *Quality Function Deployment* (QFD) dengan bantuan matriks HOQ (*House of Quality*). Data tingkat kepentingan antar atribut kualitas GKP dan hubungan keterkaitannya dengan karakteristik proses akan menjadi acuan dalam pembentukan data pelatihan dan pengujian JST. Data pelatihan dan pengujian JST disusun dalam bentuk *file Microsoft Excel*. Analisis data JST diolah menggunakan *Matlab* 7.0.1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Atribut Kualitas Gula Kristal Putih

Standarisasi syarat kualitas GKP (SNI 01-3140.3-2001) disajikan pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Syarat Kualitas GKP (SNI)

NO.	KRITERIA UJI	SAT	PERSYARATAN		
			GKP 1	GKP 2	GKP 3
1.	Warna				
	1. Warna kristal	%	Min 70	Min 65	Min. 60
	2. Warna larutan (ICUMSA)	IU	Maks. 250	Maks. 350	Maks. 450
2.	Besar jenis butir	mm	0,80 – 1,20	0,80 – 1,20	0,80 – 1,20
3.	Susut pengeringan	% b/b	Maks. 0,10	Maks. 0,15	Maks. 0,20
4.	Polarisasi (°Z, 20°C)	“Z”	Min 99,60	Min 99,50	Min. 99,40
5.	Gula pereduksi	% b/b	Maks. 0,10	Maks. 0,15	Maks. 0,20
6.	Abu konduktiviti	% b/b	Maks. 0,10	Maks. 0,15	Maks. 0,20
7.	Bahan asing tidak larut (kotoran)	derajat	Maks. 5	Maks. 5	Maks. 5
8.	Bahan tambahan makanan : Belerang dioksida (SO ₂)	mg/kg	Maks. 30	Maks. 30	Maks. 30
9.	Cemaran Logam :				
	1. Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 2,00	Maks. 2,00	Maks. 2,00
	2. Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks. 2,00	Maks. 2,00	Maks. 2,00
	3. Arsen (As)	mg/kg	Maks. 1,00	Maks. 1,00	Maks. 1,00

Dari ke-9 kriteria uji kualitas GKP maka lima atribut utama yang diprioritaskan pakar adalah polarisasi, warna, susut pengeringan, BJB, kandungan kotoran dan kandungan SO₂. Lima karakteristik proses utama adalah stasiun gilingan, stasiun pemurnian, stasiun penguapan, stasiun masakan atau kristalisasi dan stasiun putaran. Hasil penilaian bobot atribut kualitas dan matriks keterkaitan atribut kualitas dengan karakteristik proses yang diperoleh dari hasil *brainstorming* disajikan pada Lampiran 3.

Disain Jaringan Syaraf Tiruan

Penentuan Input JST

Data *input* JST terdiri atas data pelatihan dan pengujian. Berdasarkan hasil dari metode QFD dan pendapat pakar (Silvia, dkk., 2010) maka variabel untuk data *input* JST ditetapkan 35 proses inti (X₁ sampai X₃₅) yang disajikan pada Tabel 2.

Data proses pelatihan berjumlah 45 hari pengamatan dan untuk proses pengujian berjumlah 30 hari pengamatan. Pembentukan data *input* JST mengacu pada angka standarisasi proses produksi berdasarkan akuisisi pendapat pakar seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan proses pelatihan JST maka rancangan arsitektur JST yang dipilih adalah satu *input* layer dengan 35 neuron, satu hidden layer dengan 20 neuron dan satu *output* layer dengan 3 neuron. Kinerja arsitektur jaringan menunjukkan nilai MSE = 0.0098684 pada epoh ke-2 dengan r = 1.0 (Tabel 3).

Proses Pengujian JST

Jika proses pelatihan telah mencapai kinerja yang diinginkan maka dilanjutkan dengan proses pengujian dengan data *input* berupa data pengujian untuk melihat kemampuan jaringan dalam mengenal pola *input* yang baru. Proses pengujian dilakukan dengan menggunakan rancangan arsitektur JST terbaik yang diperoleh dari proses pelatihan. Setelah dilakukan proses pengujian maka dihasilkan *output* berupa data prediksi kualitas GKP.

Berdasarkan pada Lampiran 8. diketahui bahwa rancangan arsitektur JST pada metode pembelajaran BP mampu mengenali pola *input* baru dengan baik karena hasil dari proses pengujian

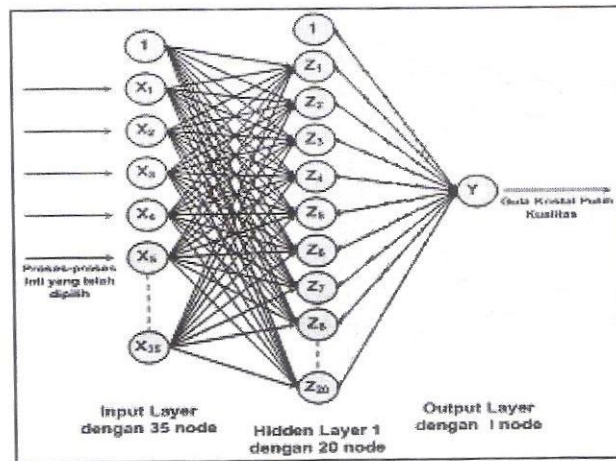
kualitas antara **target** dengan **output** sama pada metode BP (kesesuaian target dan **output** sangat tinggi).

Tabel 2. Variabel-variabel Data *Input* untuk JST dan Klasifikasi Angka Standarisasi Proses Produksi Berdasarkan Pendapat Pakar

NO.	X _n	PARAMETER PROSES	SAT	GKP KELAS I	GKP KELAS II	GKP KELAS III
1	X ₁	HK Nira Perahan Pertama		> 75	73 – 74	< 73
2	X ₂	HK Nira Mentah		> 73	71 – 72	< 71
3	X ₃	% Brix NPP	%	> 15	8 – 14	< 8
4	X ₄	% Pol NPP	%	> 10.83	7 – 10	< 7
5	X ₅	Sabut % Tebu	%	< 16	17 – 21	> 21
6	X ₆	Imbibisi % Tebu	%	> 25	18 – 24	< 18
7	X ₇	Tek. Hidrolik Gilingan 1		175 – 200	170 – 174	< 169
8	X ₈	Tek. Hidrolik Gilingan 2		175 – 200	170 – 174	< 169
9	X ₉	Tek. Hidrolik Gilingan 3		175 – 200	170 – 174	< 169
10	X ₁₀	Tek. Hidrolik Gilingan 4		175 – 200	170 – 174	< 169
11	X ₁₁	Nira Mentah % Tebu	%	90 – 100	75 – 89	< 75
12	X ₁₂	Sulm Nira Kehar (JH I)	"C	75	76 – 83	> 83
13	X ₁₃	Sulm Nira Kehar (JH II)	"C	105	103 – 104	< 103
14	X ₁₄	PH Nira Kehar Defekator 1		6.8 – 7.2	6.7 – 6.5	< 6.5
15	X ₁₅	PH Nira Kehar Defekator 2		8.6 – 9.5	8.0 – 8.5	< 8.0
16	X ₁₆	PH Nira Mentah Tersulfitir		6.8 – 7.2	7.3 – 7.5	> 7.5
17	X ₁₇	PH Nira Kental Tersulfitir		5.6 – 5.8	5.4 – 5.5	< 5.4
18	X ₁₈	Dosis Kapur Tohor	ton	4	2.5 – 3.5	< 2.5
19	X ₁₉	Dosis Belerang	kg/100ton tebu	50	39 – 49	< 39
20	X ₂₀	Sulm Nira Kehar JH III	"C	105 – 110	111 – 115	> 115
21	X ₂₁	Brix Nira Kental Penguapan		60	57 – 59	< 57
22	X ₂₂	Sulm Uap Pemanas	"C	120	121 – 125	> 125
23	X ₂₃	Vacum Badan Akhir	cmHg	60 – 62	61 – 64	< 64
24	X ₂₄	Lama Masakan A	jam	2 – 3	3.1 – 4	> 4
25	X ₂₅	Lama Masakan C	jam	4 – 5	5.1 – 6	> 6
26	X ₂₆	Lama Masakan D	jam	6 – 8	8.1 – 9	> 9
27	X ₂₇	HK Masakan A		> 82	78 – 81	< 78
28	X ₂₈	HK Masakan C		> 70	68 – 69	< 68
29	X ₂₉	HK Masakan D		> 60	58 – 59	< 58
30	X ₃₀	Tekanan Vacum Pan	cmHg	60 – 62	59	< 59
31	X ₃₁	Tekanan Exhaust Steam	ato	0.7 – 0.8	0.6	< 0.6
32	X ₃₂	HK Gula C		> 93	91 – 92	< 91
33	X ₃₃	HK Gula D I		> 87.5	85.5 – 86.5	< 85.5
34	X ₃₄	HK Gula D II		> 92	90 – 91	< 90
35	X ₃₅	HK Gula A		> 97	95 – 96	< 95

Tabel 3. Rancangan Arsitektur JST yang Digunakan

BACKPROPAGATION	
KARAKTERISTIK	SPESIFIKASI
Jumlah neuron <i>input layer</i>	35 unit
Jumlah neuron <i>hidden layer</i>	20 unit
Jumlah neuron <i>output layer</i>	1 unit
Fungsi Aktivasi	Purelin
Algoritma training	trainlm
Nilai momentum	0.05
Toleransi <i>error</i>	0.01
Set epoch maksimum	1000



Gambar 1. Arsitektur Jaringan JST - BP

Penentuan Output JST

Kemudian gula kristal putih akan diklasifikasikan menjadi 3 kelas yaitu :

Y_1 = Kualitas 1 (GKP I) Y_2 = Kualitas 2 (GKP II) Y_3 = Kualitas 3 (GKP III)

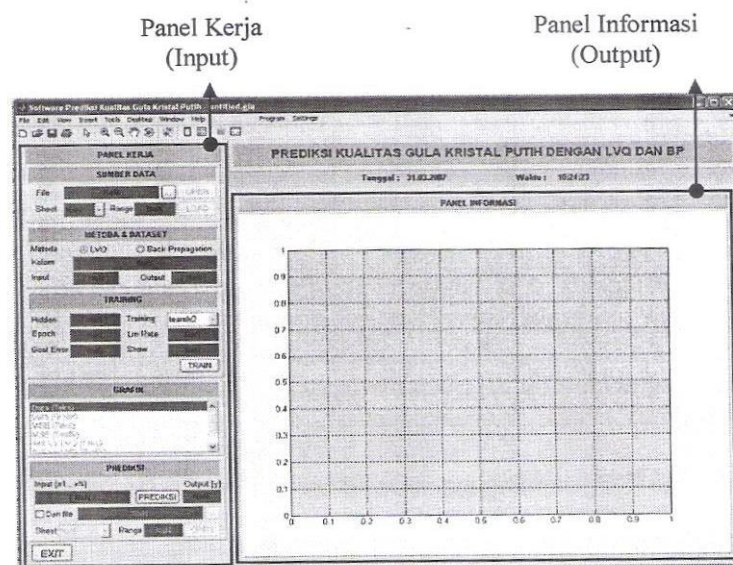
Perancangan Arsitektur JST dan Proses Pelatihan JST

Karakteristik detail rancangan arsitektur JST dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 1.

Implementasi dan Analisa

Input Sistem

Implementasi dilakukan dengan menggunakan data aktual perusahaan. Menu utama tampilan sistem SUGAR QUALITY PREDICTION ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan Menu Utama Sistem Prediksi Kualitas Gula Kristal Putih

Rancangan Arsitektur Jaringan

Implementasi sistem menggunakan rancangan arsitektur JST terbaik yang diperoleh dari proses pelatihan.

Output Sistem

Output dari implementasi sistem adalah hasil prediksi kualitas GKP, disajikan pada Lampiran 3.

KESIMPULAN

Variabel untuk data *input* JST ditetapkan 35 proses inti (X_1 sampai X_{35}). Variabel data input tersebut diperoleh berdasarkan hasil metode QFD.

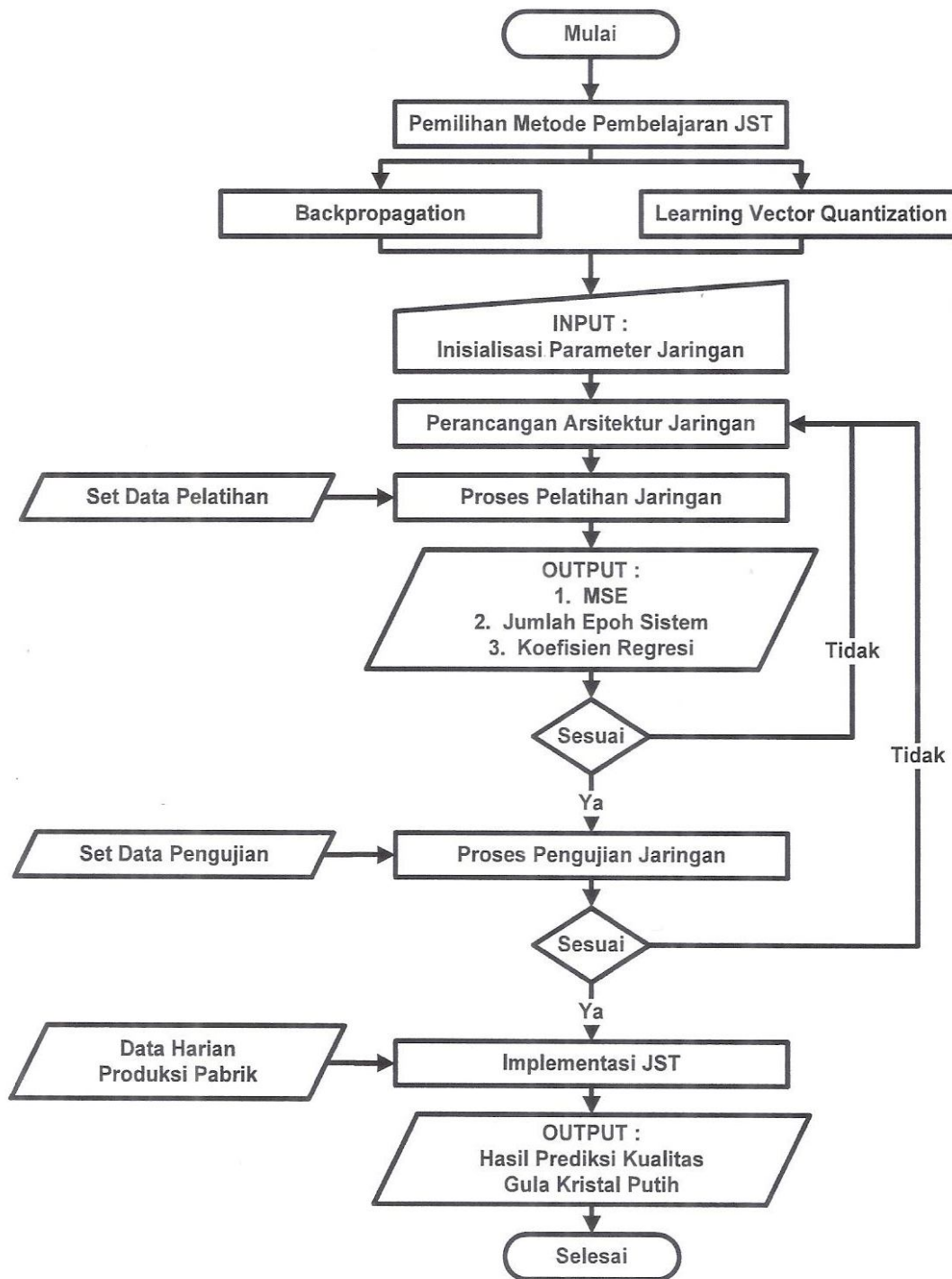
Disain JST berdasarkan *trial and error* pada proses pelatihan adalah JST yang menggunakan arsitektur jaringan BP yang terbaik. Arsitektur jaringan BP terbaik adalah dengan konfigurasi 35 neuron pada lapisan input, 20 neuron pada *hidden layer* dan 3 neuron pada lapisan output atau [35 20 1], fungsi aktivasi Purelin, algoritma training *trainlm*, momentum 0.05, set goal error 0.01 dan set jumlah epoch 1000 dimana nilai MSE yang ditunjukkan adalah 0.0098684 pada epoch ke-2 dan r bernilai 1.000. Proses pengujian menunjukkan hasil output memiliki kesesuaian yang tinggi terhadap target yang telah ditentukan.

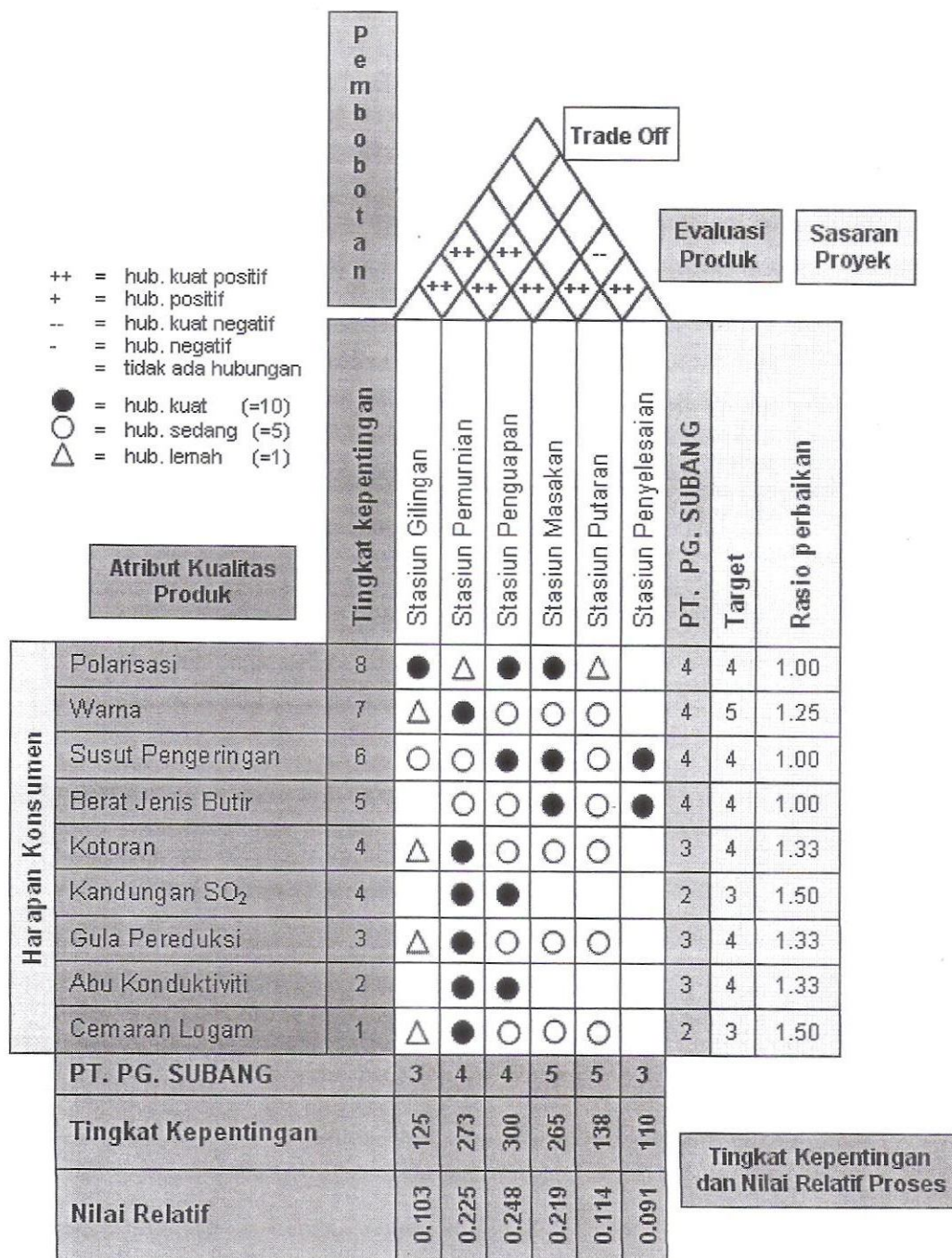
Implementasi SQP menggunakan data harian produksi menunjukkan bahwa berdasarkan prediksi BP selama 70 periode terdapat 61 periode dimana gula kristal putih yang dihasilkan berkualitas 1 dan hanya sebanyak 9 periode yang berkualitas 2.

DAFTAR PUSTAKA

- Breyfogle, FW. (1999). *Implementing Six Sigma : Smarter Solutions Using Statistical Methods*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Cohen, L. (1995). *Quality Function Deployment, How to Make QFD Work for You*. Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts.
- Day RG. (1993). *Quality Function Deployment, Linking a Company with Its Customer*. ASQS Quality Press, Milwaukee, Wisconsin.
- Gaspersz, V. (2001). *Analisa untuk Peningkatan Kualitas*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Kavdir I, Guyer DE. (2002). *Apple Sorting Using Artificial Neural Networks and Spectral Imaging*. Transaction of the ASAE 2002-45(6): 1995 – 2005
- Marimin. (2002). *Teori dan Aplikasi Sistem Pakar dalam Teknologi Manajerial*. Bogor: IPB Press.
- Sayed MS, Whittaker AD and Kehtarnavaz ND. (1995). *Snack Quality Evaluation Method Based on Image Features and Neural Network Prediction*. American Society of Agricultural Engineer – Aug 1995. **38 (4)** : 1239 – 1245
- Setiawan, K. (2003). *Paradigma Sistem Cerdas: Artificial Intelligence*. Malang: Bayumedia Publishing.
- Siang, J.J. (2005). *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Silvia, E., Marimin, Machfud., Zein, M. (2010). Implementasi Metode Quality Function Deployment (QFD) Guna Meningkatkan Kualitas Gula Kristal Putih. Prosiding Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Dekan – 23 s.d. 25 Mei 2010. Hal. 1211 – 1216
- Visen, NS., D.S Jaya, J. Paliwal and N.D.G. White. (2004). *Comparison of Two Neural Network Architectures for Classification of Singulated Cereal Grains*. Canadian Biosystems Engineering **46** : 3.7 – 3.14

Lampiran 1. Diagram Alir Deskriptif Disain JST



Lampiran 3. Matriks *House of Quality* (HOQ)

Sumber : Silvia, E, dkk (2010)

Lampiran 3. Hasil prediksi kualitas gula kristal putih

HARI KE-	Y-BP	HARI KE-	Y-BP
1	1	36	1
2	1	37	1
3	1	38	1
4	2	39	1
5	1	40	1
6	1	41	1
7	1	42	1
8	1	43	1
9	1	44	2
10	1	45	1
11	1	46	1
12	1	47	1
13	1	48	1
14	1	49	1
15	1	50	1
16	1	51	1
17	1	52	1
18	1	53	1
19	2	54	1
20	1	55	1
21	1	56	1
22	1	57	1
23	1	58	1
24	1	59	1
25	1	60	2
26	1	61	1
27	1	62	1
28	2	63	1
29	2	64	2
30	1	65	1
31	1	66	1
32	1	67	1
33	1	68	2
34	1	69	2
35	1	70	1